ÜBER

DEN EINFLUSS DES EISENS

AUF DIE

VERDAUUNGS-VORGÄNGE.

VON

Sanitätsrath Dr. CARL GENTH,
PRAKT. ARZT IN LANGENSCHWALBACH.



Untersuchungen über die Einwirkung verschiedener Salze und anderer Stoffe (Alkaloide, Nahrungs- und Genussmittel etc.) auf die Verdauungsvorgänge liegen aus den letzten 20 Jahren in ziemlicher Anzahl vor.

Nachdem Liebig zuerst festgestellt hatte, dass die Wirksamkeit der Hefe durch Zusatz von Na Cl und K Cl etwas verstärkt wird, lag der Gedanke nahe, den Einfluss solcher Salze auch auf die ungeformten Fermente, vorab auf die Enzyme der Verdauungssecrete und deren Wirksamkeit auszudehnen.

Zu Nutz und Frommen anderer, welche über unseren Gegenstand sich durch Quellenstudium unterrichten wollen, gebe ich hier eine kurze Uebersicht der Litteratur derselben.

1. Liebig: Ueber Gährung, Quelle der Muskelkraft etc. An. der Chemie und Pharmak. 1870.
2. Heidenhain: Beiträge zur Kenntniss des Pankreas. Pflüger's Arch. X.
3. W. Ebstein und J. Müller: Ueber den Einfluss der Säuren und Alkalien auf das Leberferment. Bericht der deutschen chem. Gesellschaft, pag. 679.
4. C. Knapp: Ueber den Einfluss der Kali- und Natronsalze auf die Alkoholgährung. An. der Chemie und Pharmakol.
5. Alex. Schmidt: Ueber die Beziehungen des Kochsalzes zu einigen thierischen Fermenten. Pflüger's Archiv, XIII.
6. O. Nasse: Untersuchungen über die ungeformten Fermente. Pflüger's Archiv, XI.
7. Wolberg: Ueber den Einfluss einiger Salze und Alkaloide auf die Verdauung. Pflüger's Arch. XXII.
8. E. Pfeiffer: »Wiesbaden oder Karlsbad«. Kochsalz oder Glaubersalz. Balneologische Studien über Wiesbaden.
9. Israel: Zur Kenntniss der Wismuthwirkung insonderheit auf die Magenverdauung. Dissert. Berlin.
10. Klikowitz: Ueber den Einfluss einiger Arzneimittel auf die künstliche Verdauung. Virchow's Arch., 102.

11. Bikfalvi: Die Wirkung des Alkohol. Bier, Wein, des Borszéka Wassers, schwarzen Kaffees, Taback, Kochsalz, Alaun auf die Verdauung. Orvoster meszétta demánge, 1884.
12. Scanzoni: Ueber Resorption des Traubenzuckers im Dünndarm und deren Beeinflussung durch Arzneimittel. Zeitschrift für Biologie, XXXII.
13. Farnsteiner: Ueber Resorption der Peptone im Dünndarm und deren Beeinflussung durch Medicamente. Zeitschrift für Biologie, XXXII.
14. Klug: Untersuchung über die Pepsinverdauung. Pflüger's Archiv LX.
15. Brandl: Ueber Resorption und Secretion im Magen und deren Beeinflussung durch Arzneien. Zeitschrift für Biologie, XIX.

Durch diese Arbeiten besitzen wir sehr schätzbare Versuche über die Wirksamkeit folgender Salze:

KCl, K_2SO_4, KNO_3, $NaCl$, Na_2SO_4 $NaNO_3$, NH_4Cl, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $Na_2B_4O_7$, $MgSO_4$.

Die Resultate derselben sind nicht immer übereinstimmend, ja manchmal geradezu widersprechend, ein Umstand, welcher dem nicht auffallend erscheint, welcher sich mit Verdauungsversuchen beschäftigt hat. Diese, besonders künstliche Verdauungsversuche, leiden alle an dem Missstande, dass wir die Substrate gewissermafsen in eine Zwangslage bringen, dass vielerlei Umstände, welche uns vielleicht nebensächlich erscheinen, ohne es zu sein, nicht nachgeahmt werden und nicht einmal nachgeahmt werden können, weil sie uns unbekannt sind.

So ist es sicherlich nicht gleichgültig, ob während eines Verdauungsversuches die gebildeten Produkte abgeführt werden oder nicht, ob kleine oder grosse Sauerstoffsmengen mit den Verdauungsmischungen in Berührung kommen, ob die Mischungen durcheinandergeschüttelt werden oder ruhig im Kölbchen oder Reagenzglas liegen. — Kurz gesagt: die Fehler in Anordnung der Experimente sind zahlreich und sehr schwer zu vermeiden. Verlieren letztere deshalb ihre Bedeutung? Gewiss nicht. Aber zwei Grundlehren gehen daraus hervor, erstens, dass man solche Untersuchungen nur mit der minutiösesten Sorgfalt anstellen soll, und zweitens, dass nur eine grosse Anzahl von Versuchen zur richtigen Erkenntniss führen kann. Dadurch werden anscheinende Widersprüche oft ausgeglichen und die Regel in der Ausnahme erkannt. Deshalb behalten aber auch jene Arbeiten einen dauernden Werth, selbst, wenn ihre Resultate als irrig sich ergeben sollten. Ich möchte jedem rathen, der

sich mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigen will, diese Arbeiten aufmerksam zu studiren, damit er die Klippen kennen lernt, welche er vermeiden muss und einsieht, wie schwierig solche Untersuchungen sind:

Ueber die Wirkung der Eisenmittel auf die Verdauung habe ich im Ganzen nur 3 Arbeiten aus den letzten 20 Jahren auffinden können.

1. Bubnow: Ueber den Einfluss des Eisenoxydhydrats und der Eisenoxydulsalze auf künstliche Magenverdauung und Fäulniss mit Pankreas. Zeitschrift für phys. Chemie, VII.

B. kommt darin zum Schluss, dass »Eisenoxydhydrat, Eisenchlorür und Eisenvitriol die Verdauung stören, die Auflösung des Fibrins verlangsamen und mehr unverändertes Eiweiss (ausfällbar durch Na Cl) in der Lösung lassen«, ferner »dass Eisenchlorür und Eisenvitriol in 5 % Lösung die Pankreasfäulniss hemmen, die Trypsinwirkung jedoch nicht stören«.

2. Klikowitz: l. c.

K. fand, dass milchsaures und citronensaures Eisenoxydul in Gaben von 1/2 gr. die Peptonisirung nicht erheblich stören, dass dagegen Ferr. Hydrogenio reduct., Ferr. sulf. und chlorat die Wirkung des Pepsins steigern.

3. Düsterhof: Ueber den Einfluss von Eisenpräparaten auf die Magenverdauung, Dissert. Berlin.

D. resümirt: Die Eisensalze der organischen Säuren stören die Pepsinverdauung in hohem Maſse. Bei diesen kann man annehmen, dass die Salzsäure an Stelle der organischen Säure tritt, soweit die Flüssigkeit freie organische Säuren enthält, welche bei weitem weniger günstig für die Verdauung sind, als Salzsäure.

Die Oxydulsalze scheinen weniger störend zu wirken als die Oxyde«.

Diese Arbeiten beziehen sich nur auf die Magenverdauung, und nur eine berührt vorübergehend die Pankreasverdauung, insofern die Albuminate dabei in Betracht kommen. Von der Verdauung der Kohlehydrate und der Fette ist nirgends die Rede. Meine eigenen Untersuchungen, welche — soweit die Verdauung der Eiweissstoffe in Betracht kommt, im Wesentlichen mit denen der oben citirten Autoren übereinstimmen — bringen demnach über den Einfluss des Eisens auf die Verdauung der Kohlehydrate und Fette Neues, wie ich glaube auch nicht ganz Unwichtiges, da die ungünstigen Erfahrungen der Autoren und meine eigene in Bezug auf die Verdauung der Eiweisskörper sich bei den beiden anderen Com-

ponenten unserer Nahrung nicht wiederholen, sondern ins Gegentheil umschlagen.

Meine Schlussfolgerungen basiren auf zahlreichen künstlichen Verdauungsversuchen, welche ich unter verschiedenen Verhältnissen und zu verschiedenen Zeiten angestellt und wiederholt habe. Gleichwohl habe ich von jeder Untersuchungsreihe nur wenige Beispiele mitgetheilt. Es hat keinen Zweck, Wiederholungen zu bringen, so lange der Leser auch ohne jedesmalige Versicherung weiss, dass ein solches einzelne Beispiel stets nur der Repräsentant zahlreicher gleichartiger ist. Ich werde nun im Folgenden die Verdauung der Kohlehydrate, Fette und Eiweissstoffe, wie sie unter Beimischung verschiedener officineller Eisenmittel verläuft, besprechen.

1. Verdauung der Kohlehydrate.

Ich wählte als Versuchsobject die Stärke. Die Ueberführung derselben in lösliche und resorbirbare Stoffe geschieht bekanntlich durch die Secrete der Speicheldrüsen und des Pankreas. Beide unterscheiden sich in ihrer Wirkung nur graduell. Die Vorgänge müssen nach allem, was wir von denselben wissen, als identisch angenommen werden. Ich beschränke mich deshalb hier auf die Pankreasverdauung. Alles, was über dieselbe gesagt werden wird, gilt, wenn auch in beschränkterem Mafse, ebenso für die Speichelverdauung. Stärke wird bei alkalischer Reaction des Mediums zunächst in lösliche Stärke übergeführt, welche weiterhin in zwei Dextrine und eine Zuckerart umgewandelt wird. Die zuerst entstehende Dextrinart — das Erythrodextrin Brücke's färbt sich mit Jod roth, die hieraus sich bildende zweite — das Achroodextrin Brücke's färbt sich nicht mit Jod. Beide werden durch Alkohol gefällt, durch Gerbsäure dagegen nicht. Dadurch unterscheiden sie sich von der löslichen Stärke, welche durch beide Reagentien fällbar ist.

Mit Hülfe dieser Reactionen lässt sich die Umwandlung der Stärke bei Verdauungsproben sehr schön verfolgen. Lässt man auf nicht zu dünnen Stärkekleister Pankreasextract bei einer Temperatur von 40 bis 50° C. einwirken, so wird zunächst die Mischung bedeutend dünnflüssiger, als die Stärke und das Verdauungssecret für sich waren. Nimmt man nun nach einiger Zeit eine Probe aus dieser Mischung, verdünnt dieselbe reichlich mit Wasser, lässt sie abkühlen und setzt vorsichtig eine nicht zu sehr verdünnte Jodlösung zu, so bleibt die Flüssigkeit zunächst farblos, bei weiterem successivem Jodzusatz färbt sich die Flüssig-

keit anfangs roth und geht durch alle Nüancirungen des Violett zuletzt in ein reines Blau über, wenn noch unveränderte Stärke vorhanden ist. Jod scheint demnach durch die Umwandlungsprodukte der Stärke in umgekehrter Reihenfolge gebunden zu werden, als diese entstehen, so dass zuerst das Achroodextrin, dann das Erythrodextrin und zuletzt die unveränderte Stärke ihre characteristische Reactionen geben. Es mag hier hinzugefügt werden, dass Stärke, welche kein Dextrin enthält, stets nur eine tiefblaue Färbung mit Jod gibt und nicht, wie man dies öfters liest, eine blaue oder violette. Setzt man den Verdauungsversuch weiter fort, so verschwinden nach und nach die verschiedenen Färbungen, bis Jodzusatz zuletzt keinerlei Färbung mehr hervorbringt. Der Process ist damit abgelaufen. Die Zuckermenge jedoch, welche hierbei geliefert wird, entspricht nicht derjenigen Menge, welche man der Theorie nach aus der Menge der verbrauchten Stärke erwarten sollte, sondern beträgt etwa nur die Hälfte; die andere Hälfte der Stärke ist in Dextrin und zwar Achroodextrin verwandelt, welches nicht weiter gährungsfähig ist.

Auf diesen Reactionen und Eigenschaften beruhen meine Experimente.

Die verdauende Flüssigkeit wurde in folgender Weise gewonnen. Nachdem die Bauchspeicheldrüse des Rindes oder des Schweines von der sie umhüllenden Fettmasse möglichst rein präparirt war, wurde dieselbe fein zerschnitten, mit Sand verrieben und entweder mit reinem Glycerin oder mit Glycerin und Wasser zu gleichen Theilen, welchem zur Neutralisation der sich entwickelnden Fettsäuren etwas Alkali zugesetzt war, extrahirt. Im ersten Falle lässt die Masse sich nicht filtriren, sondern muss durch Leinwand durchgepresst werden. Die so erhaltene Flüssigkeit ist trübe, röthlich gefärbt und wird nach einiger Zeit so dickflüssig, dass sie kaum aus der Bürette ausfliesst. Solche Extracte sind recht wirksam; bedeutend kräftiger aber wirken die nach der zweiten Art dargestellten. Man erhält freilich viel weniger Filtrat, dasselbe ist jedoch meist ganz klar und nimmt an Verdauungskraft zu, je älter es wird. [1]) Handelt es sich darum, die Endproducte der Verdauung möglichst rasch und vollkommen zu erhalten, so leisten diese älteren Extracte vorzügliche Dienste. Will man dagegen die einzelnen Phasen der Verdauung studiren, so sind die frischen Extracte vorzuziehen. Man gewinnt dann Zeit, die Umwandlung des Amylum in die einzelnen Zwischen-

---

[1]) Ich fand ein 12 Jahre altes Glycerinextract noch sehr wirksam, wirksamer als ein frisch bereitetes.

producte nach und nach zu erkennen, während die Umwandlung des Amylum in die Endproducte bei den älteren Extracten sich fast momentan vollzieht. Ueberhaupt habe ich es für vortheilhafter gefunden, schwächere oder verdünnte Extracte anzuwenden und dem Vorgange mehr Zeit zu gönnen. Man nähert sich damit jedenfalls den natürlichen Vorgängen.

Die Versuche wurden stets so angestellt, dass zwei gleichgrosse Mengen eines möglichst gleichartigen und gleichgemischten Stärkekleisters mit denselben Mengen Pankreasextract versetzt wurden. Die eine Probe wurde nun ohne Weiteres ins Wasserbad gebracht, der zweiten dagegen vorher ein Eisensalz zugesetzt. Bedurfte es zur Lösung desselben eines Zusatzes von Wasser, so wurde dieselbe Quantität destillirten Wassers der ersten Probe zugesetzt. Alle Manipulationen wurden stets gleichzeitig und in möglichst gleichgrossen Gefässen vorgenommen.

Von der grössten Bedeutung für die Resultate dieser Untersuchungen ist die Reaction der Verdauungsproben. Das ist schon der Fall bei der Verdauung des Stärkemehls an und für sich, obwohl man in den Lehrbüchern gewöhnlich liest, dass geringe Schwankungen in der Reaction ohne Einfluss auf die diastatische Wirkung des Pankreasextractes seien. Ich füge hier eine Versuchsreihe bei, welche mit Stärkemehl ohne Zusatz von Eisen angestellt wurde. Hierbei, wie auch in den unmittelbar folgenden Versuchen wurde die Prüfung auf vorhandene Stärke der Art angestellt, dass von Zeit zu Zeit Tropfen aus den verschiedenen Mischungen auf eine Porzellanplatte gebracht wurden, welchen ich einen Tropfen Jodlösung zufliessen liess.

No.	Reaction	Jod-Jod-Kaliumreaction.				
		nach 1 Min.	nach 2 Min.	nach 3 Min.	nach 4 Min.	nach 5 Min.
1 a	neutral	verschwunden				
1 b	alkalisch	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden
2 a	neutral	roth	verschwunden			
2 b	schwach alkal.	blau	blau	blau	violett	
3 a	neutral	roth	verschwunden			
3 b	schwach sauer	blau	blau	blau		
4 a	alkalisch	blau	blauviolett	roth violett	roth	rothgelb
4 b	sauer	blau	blau	blau	blau	blau

Hieraus geht hervor, dass die Stärke am schnellsten umgewandelt wird, wenn die Mischung neutral, weniger schnell, wenn sie alkalisch reagirt, am langsamsten, wenn ihre Reaction sauer ist.

Es lässt sich hiernach ohne Weiteres erwarten, dass der Zusatz von Eisensalzen schon durch die damit verbundene Veränderung der Reaction auf die Umsetzung der Stärke von Einfluss ist. Dies ist es in der That. Neutral reagirende Stärke mit verschiedenen Eisensalzen versetzt und mit Pankreasextract vermischt, ergab folgende Resultate:

I. Schwach sauere Mischungen.

No.		Zusatz	Jod-Jod-Kaliumreaction			
			nach 2 Min.	7 Min.	10 Min.	15 Min.
1	a	Keiner	verschwunden			
	b	0,05 ferr. sulph.	vorhanden			noch vorhanden
2	a	Keiner	schwach vorhanden	verschwunden		
	b	0,05 ferr. sulph.	vorhanden	noch vorhanden		
3	a	Keiner	verschwunden			
	b	1 Tropfen liq. ferri sesquichlor.	vorhanden			
4	a	Keiner	verschwunden			
	b	1 Tropfen sehr verdünnt. liq. ferri sesquichlor.	vorhanden		noch vorhanden	

Der Eisenzusatz wirkt demnach hier genau, wie der Zusatz einer Säure, verlangsamend auf den Umsetzungsprozess, unzweifelhaft deshalb, weil die Reaction der Verdauungsproben sauer war. Sehen wir nun zu, wie die Resultate sich gestalten, wenn die Mischungen neutral oder alkalisch reagiren.

II. Neutrale Mischungen.

No.		Mischung	Jod-Jod-Kaliumreaction nach						
			2 M.	3 M.	5 M.	7 M.	9 M.	11 M.	13 M.
1	a	Stärke + Pankreasextract	blau	blau violett	vorhanden				n. deutl. vorhand.
	b	idem + 0,05 ferr. sulph.	roth	schw. vorhd.					verschwund.
2	a	Stärke + Pankreasextract	blau		langsam abnehmend				roth
	b	idem + 0,25 ferr. sulph.	blau	violett		schw.	sehr schw.	verschw.	
3	a	Stärke + Pankreasextract	blau	sehr langsam abnehmend					s. schw.
	b	idem + 0,05 ferr. lact.			gleichmässig stark blau				
4	a	Stärke + Pankreasextract	blau	abnehmend			fast verschw.		
	b	idem + 1 gr. liq. f. sesquichlor.	gleich		mässig				stark blau

III. Alkalische Mischungen.

No.	Mischungen	Jod-Jod-Kaliumreaction nach							
		1 M.	2 M.	3 M.	4 M.	5 M.	7 M.	15 M.	20 M.
1	Stärke + Pankr.-Extr.	blau	blau	blau	blau	noch blau			
	idem + 0,05 ferr. sulf.	roth	verschwunden						
2	Stärke + Pankr.-Extr.	blau	blau	blau	noch blau				
	idem + 0,25 ferr. sulf.	violett	verschwunden						
3	Stärke + Pankr.-Extr.	blau	blau	blau	violett	roth violett	roth	roth	schwach
	idem + 0,05 ferr. lact.	blau	blau	blau	roth violett	roth	roth	roth	schwach
4	Stärke + Pankr.-Extr.	blau	blau	violett	violett	violett	roth	schwach	Spur
	idem + 1 Tropfen sehr verd. liq. ferri sesquichlor.	blau	blau	blau	blau	blau	blau	schwach	blau

Wir sehen aus diesen Versuchen, dass bei neutraler und alkalischer Reaction der Mischung gewisse Eisensalze die Umwandlung der Stärke in Dextrin beschleunigen. Ich habe diese Versuche deshalb an die Spitze gestellt, um dem Einwand zu begegnen, dass die Wirkung der Eisensalze etwa in einer Aenderung der Reaction bestehe. Jede Ansäuerung der Mischung beeinträchtigt die Wirkung des Pankreasextracts. Die nun folgenden Versuche sind ausschliesslich bei alkalischer Reaction angestellt.

Versuch 1.

5 gleichgrosse Portionen von 20 cc Stärkeabkochung mit je 5 cc Wasser und 1 cc Pankreasextract, zu 4 derselben je 0,05 ferr. sulph., 0,25 ferr. sulph., 0,05 ferr. lact. und 2 Tropfen verdünnten liq. ferr. sesquichlor. zugesetzt, werden 20 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen, hierauf $^1/_2$ Stunde lang in einem Warmwassertrichter bei 40—50 ^{0} C. sich überlassen und hierauf in demselben durch gleich grosse Filter filtrirt. Die Menge des in einer Zeiteinheit gelieferten Filtrats ergab die Schnelligkeit, mit welcher lösliche Stärke gebildet wurde.

Eisenfreie Mischung	0,05 ferr. sulf.	0,25 ferr. sulf.	0,05 ferr. lact.	2 Tropfen liq. ferr. sesquichl.
filtrirt am langsamsten	am 4. raschesten	am 2. raschesten	am raschesten	am 3. raschesten
liefert 17 cc Filtrat	20 cc Filtrat	20 cc Filtrat	20 cc Filtrat	20 cc Filtrat
mit Jod Blaufärbung	schwach violette	keine Färbung	violette Färbung	keine Färbung
enthält viel Zucker	viel Zucker	viel Zucker	viel Zucker	viel Zucker

Da dieser Versuch auf eine sehr lange Zeit ausgedehnt war, so bietet er für die Schnelligkeit der Verflüssigung kein so prägnantes Beispiel, als ein kurz andauernder; ich lasse deshalb einige der letzteren Art hier folgen:

Versuch 2.

5 cc steifer Stärkekleister mit 1 cc Pankreasextract und dieselbe Mischung nebst 0,05 ferr. sulph. werden bei Zimmertemperatur auf gleich grosse Filter gebracht.

In Probe 2 beginnt alsbald die Filtration, in Probe 1 erst nach einer halben Stunde. Nach 2 Stunden hat 2 bereits ein ziemlich grosses Filtrat geliefert, 1 nur einige Tropfen. Nach 18 Stunden ist aus Probe 2 doppelt so viel filtrirt, als aus Probe 1.

Versuch 3.

10 cc steifer Stärkekleister mit 2 cc desselben Pankreasextracts und dieselbe Mischung mit einem Zusatz von 0,1 ferr. sulph. werden bei 40° C. filtrirt. Nach 2 Stunden ist aus Probe 2 doppelt so viel filtrirt, als aus Probe 1.

Versuch 4.

Dieselben Mengen Stärkekleisters und desselben Pankreasextracts mit 0,05 ferr. sulph. bei 40° C. filtrirt. Die Filtration beginnt sofort in beiden Proben, in 2 geht dieselbe jedoch viel rascher vor sich als in 1 und liefert in einer viertel Stunde das doppelte Filtrat.

Versuch 5.

50 cc Stärkekleister mit 3 cc desselben Pankreasextracts und dieselbe Mischung mit einem Zusatz von 0,02 ferr. sulph. werden in Kölbchen gebracht, tüchtig geschüttelt und einer Temperatur von 40° C. ausgesetzt. Nach $1\,^1/_2$ Stunden filtrirt liefert Probe 2 das sechsfache Filtrat von Probe 1. Nach 3 weiteren Stunden sind aus Probe 1 noch circa 15 cc durchfiltrirt, womit jedoch das Quantum aus Probe 2 nicht erreicht wird. Aus Probe 2 sind während dieser Zeit nur noch einige Tropfen durchgelaufen.

Versuch 6.

50 cc Stärkekleister und 1 cc Pankreasextract und dieselbe Mischung nebst 0,25 ferr. sulph. ergaben in derselben Weise behandelt folgende Resultate:

Nach 70 Minuten hatte die eisenhaltige Mischung 25,5, die eisenfreie nur 5 cc Filtrat geliefert. Nach $3\,^3/_4$ Stunden die erstere 38,5, die letztere 6 cc.

Versuch 7.

50 cc Stärkekleister mit 1 cc Pankreasextract und dieselbe Mischung mit 0,05 ferr. lact. liefern nach 85 Minuten 44, resp. 39 cc Filtrat.

Versuch 8.

25 cc Stärkekleister mit 1 cc Pankreasextract und 4 weitere Portionen von derselben Mischung mit je einem Zusatz von 0,05 ferr. sulph., 0,25 ferr. sulph., 0,05 ferr. lact. und 2 Tropfen des officinellen liq. ferri sesquichlor. bleiben 20 Stunden bei Zimmertemperatur stehen, werden darauf $^1/_2$ Stunde lang bei 40—50° C. im Wasserbad behandelt und darauf filtrirt.

Die eisenfreie Mischung filtrirt bedeutend langsamer, als alle eisenhaltigen Mischungen, von letzteren am raschesten die Mischung mit ferr. lact., hierauf die mit 0,25 ferr. sulph., dann die mit liq. ferri sequichlor., am langsamsten diejenige mit 0,05 ferri sulph.

Nach 2 Stunden haben die eisenfreie 17 cc, die eisenhaltigen 21 cc Filtrat geliefert.

Sämmtliche eisenhaltigen Mischungen haben demnach in gleichen Zeiträumen mehr Filtrat geliefert, als die eisenfreien, d. h. die Umwandlung der Stärke in die lösliche Form geht in ersteren rascher von statten als in letzteren.

Eine weitere Thatsache, welche aus den auf Seite 35 mitgetheilten Experimenten hervorgeht, ist die, dass in der eisenhaltigen Mischung die lösliche Stärke früher abnimmt als in der eisenfreien, bezüglich, dass die Umbildung der Stärke in Dextrin in ersterer raschere Fortschritte macht, als in letzterer.

Die Abnahme der Jodstärkereaction überhaupt und die Umwandlung der blauen Färbung in die violette, rothe und gelbe stimmt so vollständig mit dem überein, was wir über die Umwandlung der Stärke in die Dextrine und über die Reactionen derselben wissen, dass es überflüssig erscheinen könnte, hier noch weitere Bestätigungen für die Thatsache der rascheren Umwandlung bei Gegenwart von Eisen beizubringen.

Indess sind diese Versuche nur mit Vorsicht zu beurtheilen. Es ist bekannt, dass die Jodstärkereaction bei Gegenwart von eiweisshaltigen Stoffen verändert wird. Auch das Pankreasextract wirkt in dieser Weise. Wie Schiff[1]) gezeigt hat, verändern solche Stoffe nicht etwa das Amylum, sondern wandeln das Jod schnell und ehe es Zeit hat, das Amylum zu färben, in Jodwasserstoff um. Man muss deshalb stets grössere Mengen von Jod in nicht zu verdünnten Lösungen zusetzen, wenn man richtige Resultate bekommen will.

---

[1]) Schiff. Zuckerbildung in der Leber 1859, pag. 20.

Es schien mir deshalb wünschenswerth, die oben mitgetheilten, mit der Jodreaction erlangten Resultate noch weiter zu prüfen. Dies suchte ich zunächst dadurch zu erreichen, dass ich grössere Mengen von den Verdauungsmischungen mit grösseren Mengen von Jodlösung in Reagensgläsern mischte, wobei jede auch die geringste Veränderung der Farbe sich mit der grössten Schärfe zeigte, wenn man die Probe genügend verdünnte.

Hierfür die folgenden Versuche:

1. 20 cc Stärkekleister ohne Eisenzusatz, sowie
   20 cc Stärkekleister mit 5 cc 1 $^0/_0$ Lösung v. ferr. sulphur. werden mit je 1 cc Pankreasextract gut geschüttelt und bei gewöhnlicher Temperatur filtrirt. Nach 2 Stunden färbt sich das Filtrat 1 reinblau, das Filtrat 2 rothviolett.
2. 20 cc Stärkekleister ohne Eisenzusatz, sowie
   20 cc Stärkekleister mit 5 cc 1 $^0/_0$ Lösung von ferr. sulphur. werden bei 40 ^{0} C. in gleicher Weise behandelt. Nach 1 Stunde färbt sich das Filtrat 2 gelbroth, das Filtrat 1 violett.
3. 20 cc Stärkekleister ohne Eisenzusatz, sowie
   20 cc Stärkekleister mit 5 cc 1 $^0/_0$ Lösung von ferr. lactic. werden in einem Wasserbad von 40 ^{0} C. der Einwirkung von je 1 cc Pankreasextract ausgesetzt. Nach 3 Minuten färbt sich eine Probe der eisenfreien Mischung blau, der eisenhaltigen rothgelb.
4. 20 cc Stärkekleister ohne Eisenzusatz, sowie
   20 cc Stärkekleister mit 5 cc 1 $^0/_0$ Lösung von ferr. sulph. werden in derselben Weise behandelt. Nach 15 Minuten färbt sich die eisenfreie Mischung blau, die eisenhaltige gelb.
5. 50 cc Stärkekleister ohne Eisenzusatz, sowie
   50 cc Stärkekleister mit 2 Tropfen liq. ferri sesquichlor. in 5 cc Wasser werden in derselben Weise behandelt. Nach $^1/_2$ Stunde färbt sich die eisenfreie Mischung blau, die eisenhaltige bleibt farblos.

Diese Versuche ergeben demnach ebenfalls eine raschere Umwandlung der Stärke in den eisenhaltigen Mischungen als in den eisenfreien, entsprechen demnach vollständig den mit der Tüpfelmethode erlangten.

Eine weitere sehr gute Bestätigung erhielt ich, indem ich gleichzeitig mit der Jodreaction mittelst Gerbsäure auf die Umwandlung der löslichen Stärke in Dextrin prüfte.

Versuch	nach 10 Minuten		nach 30 Minuten		nach 50 Minuten		nach 70 Minuten		nach 90 Minuten	
Reactionen mit	Gerbsäure	Jod	Gerbsäure	Jod	Gerbsäure	Jod	Gerbsäure	Jod	Gerbsäure	Jod
60 cc Stärke + 1 cc Pankr.-Extr.	Niederschl.	blau	Trübung	blau-violett	Trübung	blau-violett	Trübung	violett	schwache Trübung	violett
idem + 0,05 ferr. sulph.	schwache Trübung	0	schwache Trübung	0	sehr schwache Trübung	0	keine Trübung	0	keine Trübung	0
idem + 0,25 ferr. sulph.	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„
idem + 0,05 ferr. lact.	starker Niederschl.	blau	starker Niederschl.	blau	starker Niederschl.	blau-violett	geringerer Niederschl.	roth	geringer Niederschl.	roth
idem + 2 Tropfen liq. ferr. sesquichlor.	Trübung	schwach blau	keine Trübung	0	keine Trübung	0	keine Trübung	0	keine Trübung	0

Danach geht mit der Abnahme der unzersetzten Stärke auch die Verringerung der löslichen Stärke Hand in Hand. Bei sämmtlichen eisenhaltigen Mischungen verschwindet ferner die lösliche Stärke früher, als in den eisenfreien, die Dextrinbildung hat entsprechend in ersteren raschere Fortschritte gemacht als in letzteren, wie dies auch aus der Farbenveränderung bei Jodzusatz hervorgeht.

Die Ergebnisse der 3 verschiedenen Versuchsreihen stimmen demnach vollständig überein.

Es ist demnach unzweifelhaft bewiesen, dass bei alkalischer Reaction die Bildung von Dextrin in eisenhaltigen Verdauungsmischungen rascher von Statten geht, als in eisenfreien.

Es erübrigt nun noch nachzuweisen, dass in Bezug auf das weitere Product der Amylumverdauung, auf den gebildeten Zucker ebenfalls Verschiedenheiten in eisenfreien und eisenhaltigen Mischungen vorkommen, obwohl man nach allem Vorhergesagten auch hierbei auf eine raschere Bildung desselben in den eisenhaltigen Mischungen schliessen darf.

Zunächst zeigen die Versuche auf Seite 35, dass rasche Zuckerbildung in alkalischen Mischungen vor sich geht; sodann habe ich mich durch zahlreiche Versuche überzeugt, dass eisenhaltige und eisenfreie Mischungen dieselben Mengen Zucker liefern, wenn man den Versuch genügend lang ausdehnt. Anders verhält es sich, wenn man die Zuckerbildung vor ihrer Vollendung unterbricht. Die Resultate sind hierbei oft widersprechend. Unter einer grossen Anzahl von Versuchen finden sich immer nur sehr wenige, welche zu Schlüssen berechtigen. Dies hängt mit der Art zusammen, wie ich die Experimente anstellte und wie ich den Zucker quantitativ bestimmte. Ich ging dabei von der Voraussetzung aus, dass aller gebildete Zucker in dem Filtrat der Verdauungsproben enthalten sei, und benutzte letztere nach vorhergehender Sterilisation durch Aufkochen nur dann zur Zuckerbestimmung, wenn ich in denselben kein unzersetztes Amylum mehr nachweisen konnte. Dies war durchaus nicht immer der Fall; die Bedingungen, unter welchen einmal keine, das andere mal mehr oder weniger unzersetzte Stärke in die Filtrate übergeht, sind mir bis jetzt unbekannt geblieben. Dies ist aber deshalb für die quantitative Bestimmung des Zuckers von grösster Wichtigkeit, weil wegen der Gegenwart des Eisens keine andere kurze Zeit beanspruchende Methode der Zuckerbestimmung anwendbar war, als die Gährungsprobe. Selbstverständlich darf dabei die zuckerhaltige

Flüssigkeit keine Stoffe mehr enthalten, welche durch die Hefe in Zucker resp. in Alkohol und Kohlensäure übergeführt werden. Dazu gehört in erster Linie das Amylum, in zweiter das Dextrin. Nun sind wir aber nicht in der Lage mit Bestimmtheit nachzuweisen, ob eine solche Flüssigkeit, welche mit Jod keine Reaction mehr gibt, nur noch nicht gährungsfähiges Dextrin enthält oder auch solches, welches bei weiterer Einwirkung eines Ferments sich noch in Zucker und nicht gährungsfähiges Dextrin umwandelt, d. h. ob die Umwandlung des Achroo-Dextrin in diese beiden Endproducte bereits beendet ist oder nicht. Ich kann deshalb auf die Resultate meiner Zuckerbestimmungen kein grosses Gewicht legen. In vielen Fällen fand ich in den eisenhaltigen Filtraten mehr Zucker, als in den eisenfreien, in anderen dagegen gleiche Mengen oder auch weniger. Jedenfalls sind die Resultate nicht der Art, dass man mit Bestimmtheit eine raschere Zuckerbildung mit Eisen, als ohne dasselbe daraus erschliessen könnte. Nichtsdestoweniger glaube ich jedoch, dass man bei alkalischer Reaction analog der rascheren Umbildung der Stärke in die Zwischenformen, auch eine raschere Zuckerbildung annehmen darf, denn es ist kein Grund vorhanden, zu glauben, dass, nachdem einmal der Anstoss zu rascherer Umsetzung der Stärke gegeben, derselbe in einem späteren Stadium nach der entgegengesetzten Seite umschlagen sollte.

Was nun die Wirkung der von mir gewählten Eisensalze betrifft, so zeigen sich hierbei kleine Verschiedenheiten, für die nicht immer eine genügende Erklärung zu Gebote steht. Die schnellste Verflüssigung bewirkte regelmässig das milchsaure Eisen, doch scheint es die Umbildung der flüssigen Stärke in Dextrin gegenüber den anderen Eisensalzen etwas zu verzögern. Dieses Abweichen von dem sonst beobachteten Parallelismus beider Wirkungen hat mich auch bewogen, die Schlussfolgerung auf den Gang der Zuckerbildung nur mit einiger Reserve zu machen. Die Concentration der Eisenlösungen scheint keinen besonders grossen Einfluss auf die Verdauungsvorgänge zu haben, so lange man wenigstens solche anwendet, welche von den bei der natürlichen Verdauung vorkommenden nicht allzusehr abweichen. Im Allgemeinen darf man wohl annehmen, dass im letzteren Falle die Eisenlösungen diluirter sind, als bei künstlicher Verdauung. Organische Eisenpräparate, welche ich des Vergleichs halber in meine Untersuchung heranzog, u. z. Hämoglobin, Ferratin, Hämol, Eisenpeptonat und Eisensaccharat übten, wenn die Versuche bei alkalischer Reaction angestellt wurden, keinen Einfluss auf die Verdauung aus. Die

Mischungen filtrirten gleich rasch und zeigten bei der Jodreaction keine oder kaum nennenswerthe Farbenunterschiede. Ich werde auf diesen Punkt am Ende meiner Arbeit zurückkommen.

II. Verdauung der Fette.

Die Fette werden sowohl durch das Secret des Pankreas wie durch das der Leber in eine feine haltbare Emulsion umgewandelt und dadurch für die Resorption tauglich gemacht. Ihre Spaltung in Glycerin und fette Säuren kommt nur dem Pankreassaft zu, nicht der Galle. Für meine Zwecke schien es mir genügend, den Einfluss des Eisens auf die Emulsionirung zu untersuchen. Die chemische Spaltung glaubte ich ausser Acht lassen zu können.

Wenn man Wasser, welches ein Eisensalz in Lösung enthält, mit Oel schüttelt, so bildet sich sehr rasch eine Emulsion. Hat man zum Vergleich eine gleich grosse Menge Oel mit der gleichen Menge Wasser ohne Eisenzusatz gleich lange geschüttelt, so zeigen sich in den beiden Proben sehr bemerkenswerthe Unterschiede. In der eisenfreien Probe bildet sich sehr rasch eine rahmartige Schicht, welche alles Oel in feiner Emulsion enthält und auf der Oberfläche des völlig klaren Wassers schwimmt. In der eisenhaltigen Probe dauert es sehr lange, bis sich eine solche Rahmschicht bildet, eine Trennung in Wasser und Emulsion tritt nicht ein. Sie kommt erst nach Stunden zu Stande und bleibt weit länger bestehen als in der eisenfreien Probe. Nach 24 Stunden hatte sich in meinen Experimenten noch kein Oel ausgeschieden, während in der eisenfreien Mischung sich schon deutlich Oeltröpfchen zeigten.

Die Anordnung der Versuche ist analog der im vorhergehenden Abschnitt geschilderten. Gleiche Quantitäten Olivenöl wurden in Reagensgläsern mit gleichen Quantitäten Pankreasextract oder Galle kräftig eine Minute lang geschüttelt, die eine Probe blieb eisenfrei, der anderen wurde Eisen zugesetzt, und letztere durch einen Tropfen Natronlauge sicher alkalisch gemacht. Hierauf wurden die Proben bei einer Temperatur von 30—40° C. sich selbst überlassen.

Versuch 1.

5 Tropfen Olivenöl mit 1 cc Pankreassaft, Zusatz von ferr. sulph. und ferr. lact.

Nach $^1/_4$ Stunde hat sich in der eisenfreien Probe (No. 1) eine obere schmale rahmartige Schicht gebildet, die untere breite Schicht ist trübe opalescirend.

In den eisenhaltigen Proben (No. 2 und 3) keine scharfe Trennung der Schichten.

Nach 1 Stunde haben sich in No. 1 die beiden Schichten scharf von einander abgesetzt, doch ist die untere Schicht noch trübe: No. 2 und 3 ziemlich unverändert.

Nach 6 Stunden deutliche Trennung in allen Proben. In No. 1 ist die untere Schicht noch trübe, in No. 2 und 3 wasserhell und klar.

Versuch 2.

10 Tropfen Olivenöl mit 1 cc Pankreasextract. Zusatz von ferr. sulph. und ferr. lactic.

Veränderungen wie in Versuch 1.

Versuch 3.

20 Tropfen Olivenöl und 1 cc Pankreasextract. Zusatz wie vorher.

Nach 5 Stunden scheiden sich in der Rahmschicht der eisenfreien Mischung Fetttröpfchen aus, in den eisenhaltigen nicht.

Nach 24 Stunden schwimmt in No. 1 das reine Oel oben auf, in No. 2 und 3 ist noch keine Abscheidung von Oel zu bemerken. Die oberen Schichten sind so fest, dass man die Reagensgläser umdrehen kann, ohne dass Flüssigkeit ausfliesst.

Versuch 4.

Bei allen Versuchen war es auffallend, dass die Rahmschicht in den eisenhaltigen Proben stets doppelt so breit war, als in der eisenfreien. Dieser Umstand zusammengehalten mit der grossen Festigkeit derselben legte den Gedanken nahe, dass es sich hierbei nicht nur um eine Emulsionirung des Oels handele, sondern möglicherweise auch um eine theilweise Verseifung desselben, welche durch den Zusatz des Alkali begünstigt worden sei. Um dies zu erfahren, wurden zwei Proben, die eine mit, die andere ohne Zusatz von Alkali angesetzt. Die Reaction der letzteren war sehr schwach sauer. Nach 24 Stunden hatte sich in beiden Proben eine gleichbreite, feste Rahmschicht gebildet. Beim Umdrehen der Reagensgläser floss nichts aus. Bei einem Controllversuche,

in welchem auch der eisenfreien Mischung Alkali zugesetzt wurde, trat die Bildung der festen Rahmschicht nur in der eisenhaltigen Probe auf, nicht dagegen in der alkalischen. Wir müssen danach annehmen, dass es nicht die Gegenwart des Alkali ist. welche diese Veränderung hervorruft, sondern die des Eisens. Um eine Verseifung aber handelte es sich nicht, denn die Rahmschicht löste sich in Wasser nicht auf. In Aether dagegen löste sie sich bis auf einen kleinen Rest. Letzterer löste sich trübe in Wasser, zeigte schwache Biuretreaction und gab mit Ferrocyankali erst nach Zusatz von Salzsäure Eisenreaction. Die Rahmschicht bestand demnach aus Fett und einer organischen Eisenverbindung (Eisenalbuminat).

Wir haben es also hier mit einer ganz eigenartigen Veränderung des Fettes zu thun, welche bei Gegenwart von Eisen eintritt. Zur Erklärung der Wirkungsweise muss angenommen werden, dass das verdauende Secret durch den Eisenzusatz verändert worden ist, nicht das Oel. Das Eiweiss des obenerwähnten Eisenalbuminats kann nur aus dem Pankreassaft stammen. Worin jedoch diese Wirkungsweise begründet ist, geht aus meinen Versuchen nicht hervor. Ich will nicht unterlassen zu erwähnen, dass organischen Eisenpräparaten, namentlich Eisenalbuminaten und Eisenpeptonaten diese Wirkung nicht zukam. Sie verhindern die Emulsionirung in keiner Weise; eine feste Rahmschicht jedoch bildete sich in ihrer Gegenwart nie, auch schied das Oel sich bald wieder aus.

Fassen wir nun die Resultate dieser Untersuchungen zusammen, so ergeben sich folgende Schlüsse. Der Eisenzusatz zu Verdauungsproben des Fettes mittelst Pankreas bewirkt, 1. dass die Abscheidung der emulsionirten Schicht schneller zu Stande kommt, (raschere Klärung der unteren Schicht), 2. dass das Fett längere Zeit in einem resorptionsfähigen Zustande bleibt. Beides sind Vortheile und so dürfte wohl das Endurtheil dahin lauten, dass die Eisensalze eine begünstigende Einwirkung auf die Pankreasverdauung der Fette ausüben.

Ich gehe nunmehr zur Verdauung der Fette mittelst der Galle über.

Versuch 1.

5 Tropfen Olivenöl mit 1 cc frischer Ochsengalle; Zusatz von ferr. lact. und ferr. sulph.

Es bildet sich in den 3 Proben rasch eine gleichdicke rahmige Schicht auf der Oberfläche der Mischung. In der eisenfreien Probe

klärt die Unterschicht sich bald, in den eisenhaltigen bleibt sie lange Zeit trübe.

Versuch 2.

10 Tropfen Olivenöl mit 1 cc Ochsengalle, Zusatz von ferr. lact. und ferr. sulph.

Dasselbe Resultat.

Versuch 3.

20 Tropfen Olivenöl mit 1 cc Ochsengalle, Zusatz von ferr. lact. und ferr. sulph.

Dasselbe Resultat.

Versuch 4.

10 Tropfen Olivenöl mit 1 cc Ochsengalle, Zusatz von ferr. lact., sulph. und liq. ferri sesquichlor.

Trennung in 2 Schichten gleichmässig nach 4 Stunden. Rahmschichten gleich breit. Unterschicht in eisenfreier Probe klar, in eisenhaltigen trübe.

Nach 24 Stunden scheiden sich in der Rahmschicht der eisenfreien Probe Fettröpfchen aus, nicht in denen der eisenhaltigen. Die Rahmschicht der letzteren ist breiter, als diejenige der ersteren, und so fest, dass man die Reagensgläser umkehren kann, ohne dass Flüssigkeit ausfliesst.

Da bei diesem Versuch diese auffallende Erscheinung, welche wir bereits bei der Pankreasverdauung kennen gelernt haben, wiederkehrt, so wurde auch hier nach einer eventuellen Verseifung gesucht. Zunächst zeigte ein Controllversuch ohne Zusatz von Alkali, dass genau dieselben Erscheinungen eintreten, als in den alkalisch gemachten Proben. Ferner wurden grössere Mengen von Galle (bis zu 6 cc) zu den Versuchen verwandt, ohne dass die Tropfenzahl des Oels vermehrt wurde. Ich setzte dabei voraus, dass die grössere Menge von Galle eine dnrch die Eisensalze bewirkte Ansäuerung wieder ausgleichen würde. Das trat auch ein; aber auch hier wiederholte sich die gleiche Bildung einer festen Rahmschicht in den eisenhaltigen Proben, nicht dagegen in der eisenfreien. Die Untersuchung dieser Rahmschicht ergab dieselben Resultate, wie bei der Pankreasverdauung, abermals Bildung eines Eisenalbuminats, dessen Albumen nur aus der Galle stammen konnte.

Ein weiterer Verdauungsversuch mit organischen Eisenpräparaten, nämlich Ferratin, Hämol, Hämoglobin, Eisenpeptonat und -saccharat

lehrte, dass diese Präparate eine Emulsionirung der Fette nicht hinderten, aber auch nicht in der Weise beeinflussten, als anorganische Eisenverbindungen. Auch hierauf werde ich am Ende meiner Arbeit zurückkommen.

Das Eisen beeinflusst demnach die Emulsionirung der Fette durch die Galle ebenfalls in günstiger Weise. Zwar setzt sich die Rahmschicht nicht so rasch ab, als in den eisenfreien Emulsionen, dafür aber ist diese um so beständiger. Ich beobachtete einmal, dass nach 48 Stunden in derselben sich noch keine Oeltröpfchen zeigten, während in der eisenfreien Probe das Oel zu dieser Zeit sich wieder völlig abgeschieden hatte.

III. Verdauung der Eiweissstoffe.

Dieselbe vollzieht sich unter dem Einfluss der Secrete des Pankreas und des Magens. Beide wandeln die unlöslichen oder gerinnbaren Eiweisskörper durch Aufnahme von Wasser unter Zerfall in kleinere Gruppen in einen löslichen Eiweisskörper, in ein Hydrat des Eiweisses — Pepton — um. Um den Grad und die Schnelligkeit dieses Vorganges zu prüfen, stehen zwei Wege offen, einmal, indem man den nicht verdauten Eiweissrest wägt, das andere Mal, indem man die Menge des gebildeten Peptons bestimmt. Insofern das durch den Magensaft gebildete Pepton völlig identisch ist dem durch die Pankreasverdauung gelieferten, bleiben die beiden Untersuchungsmethoden für die zwei Verdauungsvorgänge dieselben.

Der Magensaft enthält als verdauendes Ferment ein Albuminoid, das Pepsin und freie Salzsäure. Zunächst wandeln diese das Eiweiss in ein Acidalbuminat—Syntonin um. In diesem Zustande ist das coagulirte Eiweiss gequollen, unlöslich in Wasser und durch Kochen gerinnbar. Aus diesem Acidalbuminat bildet sich sodann Albumose (Propepton); diese ist in Wasser löslich, wird aber durch Kochen nicht mehr gefällt, dagegen durch Essigsäure und Ferrocyankalium. Erst dann entsteht wirklich lösliches Pepton. Bei der Pankreasverdauung kann Acidalbuminat selbstverständlich nicht entstehen, statt dessen bilden sich ohne vorhergehende Quellung globulinartige Substanzen, welche in Wasser unlöslich sind und in der Hitze gerinnen. Der weitere Gang ist wie bei der Magenverdauung, Bildung von Propepton und Pepton.

Aus diesen Angaben geht hervor, dass eine Trennung des unverdauten Eiweisses von dem bereits theilweise oder ganz verdauten durch

Aufkochen nur möglich ist, wenn sich in der Mischung weder Acid-Albuminat noch Globuline vorfinden. Da dies aber stets der Fall ist, wenn man — wie dies der Zweck meiner Untersuchung verlangt — nicht warten kann, bis die Verdauung so weit vorgeschritten ist, so muss man ein anderes Mittel zur Trennung wählen. Ammon. sulfur, welches alle Eiweissstoffe mit Ausnahme der Peptone fällt, erwies sich in meinem Falle auch nicht anwendbar. Es wollte mir nie gelingen, damit alles in der Hitze gerinnbare Eiweiss auszuscheiden. Warum dies der Fall war, weiss ich nicht zu erklären. Die Bestimmung der reinen Peptone stiess mithin auf Schwierigkeiten. Wenn ich es trotzdem versucht habe, Peptonbestimmungen zu machen, so bitte ich dabei im Auge zu behalten, dass unter Peptonmengen stets Gemische von wirklichem Pepton und Vorstufen desselben zu verstehen sind.

Sehr werthvoll, um die Schnelligkeit der Umwandlung des Eiweisses zu erkennen, erwies sich mir auch hier die bei den Kohlehydraten beschriebene Filtrationsmethode. Sie ist namentlich bei flüssigen Eiweissstoffen anwendbar.

Ich gehe nun zur Mittheilung der Versuche über. Mischt man flüssiges Eiereiweiss mit Wasser, so dauert es bekanntlich sehr lange, bis durch Schütteln und Umrühren eine nur einigermafsen gleichartige Mischung entsteht. Enthält jedoch das Wasser schwefelsaures oder milchsaures Eisen in nicht zu grosser Menge aufgelöst, so vollzieht sich diese Mischung sehr rasch und viel vollkommener, als im ersten Falle. Die erste Mischung bleibt stets viscide, die letzteren sind dünnflüssiger. Wir sehen hier unzweifelhaft eine Wirkung des Eisens für sich auf das Eiweiss. Wir müssen über diesen Vorgang ins Reine kommen, ehe wir zu den eigentlichen Verdauungsversuchen übergehen.

Setzt man Eisenlösungen flüssigem Eiweiss zu, so bildet sich auch ohne weiteres Zuthun ein Eisenalbuminat. Die gewöhnlichen Reactionen auf Eisen versagen jetzt. Setzt man diesem Präparate ein Alkali zu, so löst sich das Eisenalbuminat. Wir haben jetzt ein lösliches Alkalieisenalbuminat vor uns. Wird diese Lösung mit Salzsäure behandelt, so fällt ein weisser, in H_2O unlöslicher Niederschlag aus, welcher Acidalbumen ist, und es bildet sich Eisenchlorid in Lösung. Lösliches Acideisenalbuminat gibt es also nicht.

Wir werden es jetzt verstehen, warum in dem oben mitgetheilten Versuch das Eisen eine Verflüssigung des Eiweisses hervorrief: es bildete sich ein Eisenalbuminat, welches, wie wir jetzt hinzusetzen müssen, bei

alkalischer Reaction der Mischung löslich ist. Ich werde auf diesen Versuch, welcher auch für die Beurtheilung der Wirkungsweise organischer Eisenverbindungen, mit welchen der Markt heut zu Tage überschwemmt wird, von Bedeutung sein dürfte, noch später zurückkommen.

Es ist selbstverständlich, dass dieser Einfluss des Eisens auf unverändertes Eiweiss bei allen Verdauungsvorgängen sich wiederholt. Wir haben es dabei ausserdem aber auch mit einer Einwirkung desselben auf die Verdauungssecrete zu thun. Die beiden Vorgänge lassen sich practisch nicht auseinander halten. Sehen wir nunmehr zu, welche Wirkung das Eisen auf den Verdauungsvorgang selbst ausübt. Ich beginne mit der Pankreasverdauung.

Bei dieser habe ich das Hauptgewicht auf die Bestimmung des unverdauten Eiweissrestes gelegt. Wägt man gleichgrosse und möglichst gleichartige Mengen von rein gewaschenem und zwischen Filtrirpapier getrocknetem Fibrin oder von caogulirtem Eiereiweiss ab, bestimmt das Trockengewicht einer solchen Probe und lässt nun die übrigen Portionen durch Pankreatinhaltige Flüssigkeit, welcher man z. Th. Eisensalze zusetzt, z. Th. nicht, in einer constanten Temperatur von 40—50 ^{0} C. verdauen, so kann man durch Subtraction des Trockengewichtes der unverdaut gebliebenen Eiweissreste von dem der Verdauung nicht unterworfenen Probe ohne Weiteres die Menge des verdauten Eiweisses bestimmen. — In den Filtraten dieser Proben muss sich das gebildete Pepton befinden. Dasselbe wurde durch Gerbsäure ausgefällt und gewogen.

Bei diesen Versuchen ist jedoch zu beachten, dass in den verdauten Proben nicht allein der Trockenrückstand des Albuminates, sondern auch der der zugesetzten Verdauungsflüssigkeit und das Eisen, welches etwa nicht in das Filtrat übergegangen ist, mitgewogen wird. So konnte es vorkommen, dass das Trockengewicht einer Probe, in welcher überhaupt nichts oder nur sehr wenig verdaut war, höher ausfiel als dasjenige der unverdauten Probe. Ich habe deshalb alle Versuche als nicht beweisend ausscheiden müssen, bei welchen die Differenzen etwa erst in der zweiten Decimalstelle auftraten, und nur solche mitgetheilt, bei welchen nennenswerthe Differenzen zum Mindesten in der ersten Decimalstelle sich herausstellten. Arbeitete ich von vorn herein mit grösseren Mengen Fibrin oder Eiereiweiss und wartete ich längere Zeit, so trat dieser Uebelstand nie auf. Selbstverständlich verlangen alle diese Versuche eine Sterilisation des Fermentes, sobald dieselben unterbrochen

werden. Ich suchte dies durch Aufkochen zu bewerkstelligen, was auch nebenbei den grossen Vortheil mit sich bringt, dass die Flüssigkeiten viel rascher filtriren, als wenn noch gelöstes Eiweiss in demselben enthalten ist.

Als Verdauungsferment wurde wiederum das Glycerinextract des Schweinepankreas benutzt. 1 bis 2 cc desselben mit 100 cc Wasser und 0,05 eines Eisensalzes wurden den genau abgewogenen Eiweissmengen zugesetzt, und die Verdauungsprobe unter häufigem Umrühren im Wasserbade von 40—50^{0} C. 1 bis 2 Stunden lang digerirt, nach Beendigung des Versuches dann weiter verfahren wie es auf Seite 48 mitgetheilt ist.

Versuche:

No.	Art des Albuminates.	Dauer des Versuchs.	Trockengewicht				
			d. unverd. Probe	d. eisenfr. Probe	mit ferr. sulph.	mit ferr. lact.	m. liq. ferr. sesquichl.
1	Fibrin	1 Stunde 30 Min.	2,6193	1,2715	1,4735	1,3263	—
2	Fibrin	3 Stunden	2,0748	1,2588	1,7108	—	1,4973
3	Fibrin	1 Stunde 30 Min.	1,4972	1,0755	1,1134	1,3656	—
4	Fibrin	2 Stunden	1,4456	1,2115	1,2228	1,3585	1,8689
5	geronnen. Hühnereiweiss.	2 Stunden	1,3771	1,1550	—	—	1,2096

Es haben demnach verdaut:

die eisenfreie Probe	m. ferr. sulph.	m. ferr. lact.	mit liq. ferri sesquichlor.
1,3478	1,1458	1,2930	—
1,2260	0,3640	—	0,5775
0,4217	0,3838	0,1316	—
0,2341	0,2228	0,0471	nichts
0,2221	—	—	0,1675

Die mit Eisen versetzten Proben haben demnach sämmtlich weniger verdaut, als die eisenfreien.

In Uebereinstimmung mit diesen Versuchen stehen meine Bestimmungen des von den verschiedenen Proben gelieferten Peptons.

Versuche:

Es lieferten an Pepton:

No.	Art des Albuminates	Dauer des Versuchs	die eisenfreie Probe	m. ferr. sulph.	mit ferr. lact.
1	Fibrin	1 St. 30 Min.	0,5760	0,2015	0,1837
2	Fibrin	1 St. 30 Min.	0,6919	0,5159	0,2749
3	Fibrin	2 Stunden	0,3866	0,3421	0,2058
4	flüss. Hühner-Eiweiss	2 Stunden	1,3325	1,1167	—

Also auch diese Experimente lehren, dass der Zusatz der Eisensalze die Verdauung der Eiweissstoffe beeinträchtigt, und dass unter den Eisensalzen das schwefelsaure weniger ungünstig wirkt, als das milchsaure. Ueber den Liq. ferri sesquichlorat. habe ich in dieser Beziehung keine sicheren Resultate erhalten. Uebrigens dürften sämmtliche Resultate, welche bei eisenhaltigen Proben gewonnen wurden, etwas zu hoch ausgefallen sein, da stets etwas Eisen mit in die Filtrate überging, welches als gerbsaures Eisen mitgewogen wurde. Das kann jedoch, wie bereits erwähnt, bei der grossen Leichtigkeit der Gerbsäure nur zu Irrthümern in der zweiten Decimalstelle führen.

Man darf daher resümiren: Eisenpräparate verzögern die Pankreasverdauung der Eiweisskörper.

Bei der Magenverdauung zog ich es vor, die Schnelligkeit der Ueberführung in lösliches Eiweiss durch Filtration fest zu stellen und die Filtrate mittelst der Biuretreaction auf den Peptongehalt zu prüfen. Man erzielt so recht brauchbare Resultate, wenn dieselben auch nicht ziffernmässig sich darstellen, und erhält einen besseren Einblick in den zeitlichen Verlauf des Vorganges. Als Verdauungsstoff wählte ich frisches Eiereiweiss. In kleinen Mensurgläschen wurden jedesmal drei Proben von 3 cc flüssigen Eiweisses gegossen, dieselben mit etwas verdünnter Salz-

säure übergossen und einige Zeit stehen gelassen, bis das Eiweiss aufgequollen und in eine sulzige, gleichförmige Masse umgewandelt war. Hierauf wurden gleiche Menge Pepsin aufgegossen, gehörig gemischt und die Eisenpräparate zugesetzt. Nachdem noch einmal die Proben durcheinandergerührt waren, wurden sie auf die Filter im Warmwasserbad gebracht. Bei einiger Uebung ist dies alles viel rascher geschehen, als gesagt, so dass man annehmen darf, dass zeitliche Unterschiede für die einzelnen Proben kaum bestanden.

Versuch 1.

3 cc Eiweiss mit 3 cc Witte'sches Pepsin. Zusatz von ferr. lact. und ferr. sulph.

Nach 5 Minuten hat geliefert: eisenfrei 1,5 cc, ferr. lact. 1,5 cc, ferr. sulph. 2,0 cc Filtrat. No. 1 zeigt starke, No. 2 und 3 schwache Biuretreaction.

Nach 20 Minuten hat No. 1 kaum etwas mehr Filtrat geliefert, No. 2 dagegen 2 cc und No. 3 — 2,5 cc. Nach 30 Minuten sind die Filtrate von No. 1 und 2 unmerklich, das von No. 3 auf 3 cc gewachsen. Die Biuretreaction zeigt in allen Proben bis zum Ende des Versuchs in der eisenfreien Mischung viel, in der eisenhaltigen wenig Pepton.

Versuch 2.

3 cc Eiweiss mit 6 cc Witte'sches Pepsin, Zusatz von je 0,05 ferr. lact. und ferr. sulph.

Nach 20 Minuten haben eisenfrei geliefert 2 cc, die eisenhaltigen 3 cc, nach 30 Minuten das erstere 2 cc, die letzteren 3 und 3,5 cc Filtrat. Die Biuretreaction wie in Versuch 1. Die Filtrate mit einigen Tropfen Salzsäure übergossen und gekocht, ergaben in der eisenfreien kaum eine opalescirende Trübung, in den eisenhaltigen reichliche flockige Niederschläge. In das Filtrat der eisenfreien Probe war also kaum etwas in der Hitze gerinnbares Eiweiss übergegangen, in die der eisenhaltigen ziemlich viel.

Versuch 3.

3 cc Eiweiss mit 6 cc Witte'sches Pepsin. Zusatz von je 0,05 ferr. lact. und ferr. sulph.

Nach 5 Minuten hat No. 1 — 1,5 cc, No. 2 — 1,5 cc, No. 3 — 2 cc Filtrat geliefert, Biuretreaction in 1 stark, 2 und 3 schwach.

Nach 10 Minuten werden jeder Verdauungsprobe 5 Tropfen verdünnter Salzsäure zugesetzt. Nach weiteren 10 Minuten liefert No. 1 kaum noch etwas, No. 2 — 2 cc und No. 3 — 2,5 cc, im Ganzen nach 30 Minuten Versuchsdauer No. 1 — 2 cc, No 2 — 2 cc, No. 3 — 3 cc Filtrat. Biuretreaction wie zuvor.

Versuch 4.

3 cc Eiweiss mit 3 cc Witte'sches Pepsin. Zusatz von ferr. lact. und ferr, sulphur. je 0,05.

Nach 5 Minuten hat jede Verdauungsprobe 2 cc Filtrat geliefert, deren Biuretreaction gleichstark ausfüllt.

Nach 30 Minuten hat No. 1 — 3 cc, No. 2 — 2 cc, No. 3 — 2 cc Filtrat ergeben. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 und 3 schwach.

Versuch 5.

3 cc Eiweiss mit 6 cc Witte'sches Pepsin. Zusatz von je 0,05 ferr. lact. und ferr. sulph.

Die Verdauungsproben stehen 5 Stunden in der Wärme und werden hierauf auf die Filter gebracht. 3 Stunden nachher hatte noch keine Probe Filtrat geliefert. Sie werden deshalb mit je 10 cc Wasser übergossen, worauf sie nach einiger Zeit langsam zu filtriren beginnen. No. 1 filtrirt sehr langsam, No. 2 und 3 rascher. Nach 9 Stunden haben geliefert No. 1 — 9,5 cc, No. 2 — 6,5 cc, No. 3 — 10 cc Filtrat. Biuretreaction bei allen ziemlich gleichstark.

Versuch 6.

3 cc Eiweiss mit 6 cc Witte'sches Pepsin, Zusatz von je 0,05 ferr. lact. und ferr. sulphur. bleiben 20 Minuten in Reagensgläsern bei 40° C. stehen und werden dann auf die Filter gebracht. No. 1 ergibt sehr langsam 1 cc Filtrat, No. 2 und 3 nichts. Hierauf mit Wasser übergossen liefern No. 1 — 3 cc, No. 2 — 1 cc, No. 3 — 1,5 cc. Nach weiteren 10 Minuten No. 1 — 3,75 cc, No. 2 — 1,25 cc, No. 3 — 1,5 cc Filtrat im Ganzen. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 und 3 schwächer.

Versuch 7.

3 cc Eiweiss mit 6 cc frisch bereitetem Pepsin, Zusatz von je 0,05 ferr. lact. und sulphur.

Nach 15 Minuten Filtrat von No. 1 — 1 cc, No. 2 — 4 cc, No. 3 — 2 cc, Biuretreaction ziemlich gleichstark.

Versuch 8.

3 cc Eiweiss mit 6 cc frischem Pepsin, je 0,05 ferr. lact. und ferr. sulph. dem Eiweiss zugesetzt. Nach 10 Minuten liefern No. 1 — 4,5 cc, No. 2 — 2 cc, No. 3 — 2,5 cc Filtrat, nach 2 Stunden No. 1 — 5,5 cc, No. 2 — 5 cc, No. 3 — 3 cc. Biuretreaction in 1 stark, in 2 und 3 schwächer.

Versuch 9.

3 cc Eiweiss mit 6 cc frischem Pepsin. Zusatz von je 0,05 ferr. lact. und ferr. sulphur, dem Pepsin zugesetzt.

Nach 10 Minuten liefern No. 1 — 2,25 cc, No. 2 — 1,75 cc, No. 3 — 2,50 cc Filtrat. Biuretreaction gleichstark.

Versuch 10.

3 cc Eiweiss mit 6 cc frischem Pepsin. Der Mischung derselben je 0,05 ferr. lact. und ferr. sulph. zugesetzt. Die Proben bleiben 20 Minuten in der Wärme stehen, und werden hierauf filtrirt. No. 1 — 7,5 cc, No. 2 — 4,5 cc, No. 3 — 2,5 cc Filtrat, nach 30 Minuten im Ganzen No. 1 — 8,5 cc, No. 2 — 5,5 cc, No. 3 — 3,0 cc Filtrat. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 und 3 schwächer.

Versuch 11.

3 cc Eiweiss mit 6 cc frischem Pepsin, Zusatz wie zuvor. Nach 20 Minuten ergaben No. 1 — 1,25 cc, No. 2 — 2,0 cc, No. 3 — 2,0 cc, nach 40 Minuten No. 1 — 1,50 cc, No. 2 — 2,75 cc, No. 3 — 2,25 cc Filtrat. Biuretreaction in allen Proben gleichstark.

Versuch 12.

Wie vorher. Nach 20 Minuten liefern No. 1 — 4,50 cc, No. 2 — 4,75 cc, No. 3 — 5,0 cc, nach 40 Minuten No. 1 — 6.0 cc, No. 2 — 6,0 cc, No. 3 — 6,75 cc Filtrat. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 und 3 schwach und schwächer.

Versuch 13.

3 cc Eiweiss mit 6 cc Witte'sches Pepsin. Zusatz von Ferratin und Hämoglobin (Pfeuffer). Nach 2 Minuten gaben No. 1 — 5,25 cc,

No. 2 — 3,25 cc, No. 3 — 1,0 cc, nach 15 Minuten No. 1 — 5,0 cc, No. 2 — 5,0 cc, No. 3 — 1,0 cc Filtrat. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 und 3 schwächer.

Zusatz von Ferrocyankal. zu Filtrat 2 gibt ohne Weiteres Eisenreaction, zu Filtrat 3 erst nach Zusatz von Salzsäure und Kochen. Das Eisen ist demnach in der Verdauungsprobe 2 in anorganische Verbindung übergegangen, in Filtrat 3 dagegen nicht.

Versuch 14.

3 cc Eiweiss mit 6 cc Witte'sches Pepsin, Zusatz von Hämatogen und Ferr. pepton. (Pizzala) Nach 10 Minuten liefern No. 1 — 3,0 cc, No. 2 — 1,5 cc, No. 3 — 0,5 cc Filtrat, nach 25 Minuten No. 1 — 4,0 cc, No. 2 — 2,0 cc, No. 3 — 0,5 cc. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 und 3 schwach und schwächer.

Ferrocyankal. gibt in Filtrat 2 Eisenreaction nach Zusatz von Salzsäure und Kochen, in Filtrat 3 ohne Kochen. In beiden Verdauungsproben befindet sich das Eisen demnach noch in organischer Verbindung, welche in 2 fester, als in 3 erscheint. Nach 2 Stunden haben sich die Filtrate auf 6,00, 2,25 und 1,5 cc vermehrt.

Versuch 15.

3 cc Eiweiss mit 6 cc Witte'sches Pepsin, Zusatz von Hämol (Kobert) und Eisensaccharat (tinct. ferri comp. Athenstaedt). Die Proben filtriren ziemlich gleich und geben gleiche Biuretreaction, Hämol gibt Eisenreaction mit Ferrocyankal. allein, das Saccharat mit demselben und Salzsäure.

Versuch 16.

3 cc Eiweiss mit 6,0 frischem Pepsin, Zusatz von Ferratin und Hämoglobin.

Nach 20 Minuten betragen die Filtrate von 1 einige Tropfen, von 2 und 3 nichts. Noch Zusatz von Pepsin filtriren die eisenhaltigen Proben erst nach längerer Zeit. Nach 1 Stunde haben geliefert No. 1 — 4,0 cc, No. 2 — 2,75 cc, No. 3 — 1,50 cc Filtrat. Biuretreaction in 1 und 3 schwach, in 2 stärker. In Filtrat 2 tritt Eisenreaction auf Zusatz von Ferrocyankal. ohne Weiteres, in No. 3 erst nach Zusatz von Säure und Kochen auf.

Versuch 17.

3 cc Eiweiss mit 12 cc frischem Pepsin. Zusatz von Ferratin und Hämoglobin. Nach 20 Minuten Verdauung auf die Filter gebracht, ergaben No. 1 — 2,5 cc, No. 2 — 4,5 cc, No. 3 — 1,5 cc, nach 60 Minuten No. 1 — 5,25 cc, No. 2 — 7,75 cc, No. 3 — 2,75 cc Filtrat. Biuretreaction in den 3 Proben gleich stark. R. mit Ferrocyankal. wie in Versuch 16.

Versuch 18.

3 cc Eiweiss mit 12 cc frischem Pepsin. Zusatz von Hämol und Eisensaccharat, sonst wie in Versuch 17.

Nach 20 Minuten liefern No. 1 — 7,0, No. 2 — 5,0, No. 3 — 2,0 cc, nach 60 Minuten No. 1 — 10,0, No. 2 — 8,0, No. 3 — 4,0 cc Filtrat. Biuretreaction in den 3 Filtraten gleichstark. R. auf Eisen tritt in Filtrat 2 auf Ferrocyankal. sofort, in Filtrat 3 erst auf Zusatz von Säure und Kochen auf.

Versuch 19.

3 cc Eiweiss und 12 cc frisches Pepsin. Zusatz von Hämatogen und Eisenpeptonat, sonst wie in Versuch 17. Nach 20 Minuten liefern No. 1 — 2,5, No. 2 — 3,0, No. 3 — 4,75 cc, nach 60 Minuten No. 1 — 3,0, No. 2 — 3,0, No. 3 — 4,25 cc Filtrat. Biuretreaction in 1 und 3 schwach, in 2 stärker. Eisenreaction in No. 2 auf Zusatz von Ferrocyankal., Salzsäure und Kochen, in No. 3 auf Zusatz von Ferrocyankal. und Salzsäure.

Versuch 20.

3 cc Eiweiss und 10 cc frisches Pepsin. Zusatz von 3 Tropfen Liq. ferri sesquichlor. Nach 10 Minuten liefert No. 1 — 5 cc, No. 2 4 cc Filtrat. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 schwach.

Versuch 21.

3 cc Eiweiss mit 10 cc frischem Pepsin. Zusatz von 2 Tropfen Liq. ferri sesquichlor. Nach 10 Minuten liefert No. 1 — 3,0 cc, No. 2 ebenfalls 3,0 cc Filtrat. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 schwach.

Versuch 22.

3 cc Eiweiss mit 10 cc frischem Pepsin. Zusatz von 1 Tropfen Liq. ferri sesquichlor. Nach 1 Stunde liefert No. 1 — 10,5 cc, No. 2 — 7,0 cc Filtrat. Biuretreaction in No. 1 stark, in No. 2 schwach.

Wenn ich die Resultate dieser Untersuchungsreihe übersichtlich ordne, so ergibt sich folgende Tabelle:

3 cc Eiweiss mit	Art des Pepsins	Filtrat in cc	Biuretreaction	Eisenreaction auf
0 Ferr. lact. „ sulph.	Witte'sches 3 cc nach 30 Minuten	1,5 2,0 3,0	stark schwach schwach	
0 Ferr. lact. „ sulph.	Witte'sches 6 cc nach 30 Minuten	2,0 3,0 3,5	stark schwach schwach	
0 Ferr. lact. „ sulph.	Witte'sches 6 cc nach 30 Minuten	2,0 2,0 3,0	stark schwach schwach	
0 Ferr. lact. „ sulph.	Witte'sches 6 cc nach 30 Minuten	3,0 2,0 2,0	stark schwach schwach	
0 Ferr. lact. „ sulph.	Witte'sches 6 cc nach 9 Stunden	9,0 6,5 10,0	} gleich stark	
0 Ferr. lact. „ sulph.	Witte'sches 6 cc nach 30 Minuten	3,75 1,25 1,50	stark schwach schwach	
0 Ferr. lact. „ sulph.	frisch bereitetes Pepsin 6 cc nach 45 Minuten	1,0 4,0 2,0	} gleich stark	
0 Ferr. lact. „ sulph.	frisch ber. 6 cc nach 2 Stunden	5,5 2,5 3,0	stark schwach schwach	
0 Ferr. lact. „ sulph.	frisch ber. 6 cc nach 20 Minuten	2,25 1,75 2,50	} gleich stark	
0 Ferr. lact. „ sulph.	frisch ber. 6 cc nach 30 Minuten	8,5 5,0 3,0	stark schwach schwach	
0 Ferr. lact. „ sulph.	frisch ber. 6 cc nach 40 Minuten	1,50 2,75 2,25	} gleich stark	

3 cc Eiweiss mit	Art des Pepsins	Filtrat in cc	Biuretreaction	Eisenreaction auf
0 Ferr. lact. „ sulph.	frisch ber. 6 cc nach 40 Minuten	6,0 6,0 6,75	stark schwach schwach	
0 Liq. ferri sesqui-chlorat. 3 gtt.	frisch ber. 10 cc nach 10 Minuten	5,0 4,0	stark nicht	
0 Liq. ferri sesqui-chlorat. 2 c gtt.	frisch ber. 10 cc nach 10 Minuten	3,0 3,0	stark schwach	
0 Liq. ferri sesqui-chlorat. 1 gtt.	frisch ber. 10 cc nach 1 Stunde	10,5 7,0	stark schwach	
0 Ferratin Hämoglobin	Witte'sches 6 cc nach 17 Minuten	5,0 5,0 1,0	stark schwach schwach	Ferrocyankal. Ferro. + Salzs. + Kochen
0 Hämatogen Ferr. pepton.	Witte'sches 6 cc nach 35 Minuten	4,0 2,0 0,5	stark schwach schwach	Ferro. + Salzs. + Kochen Ferrocyank. + Salzs.
0 Hämol Ferr. sacchar.	Witte'sches 6 cc nach 30 Minuten	} gleich viel	} gleich stark	Ferrocyankal. Ferrocyank. + Salzs.
0 Ferratin Hämoglobin	frisch ber. 6 cc nach 60 Minuten	4,0 2,75 1,50	schwach stärker schwach	Ferrocyankal. Ferro. + Salzs. + Kochen
0 Ferratin Hämoglobin	frisch ber. 12 cc nach 60 Minuten	5,25 7,75 2,75	} gleich stark	Ferrocyankal. Ferro. + Salzs. + Kochen
0 Hämol Ferr. sacchar.	frisch ber. 12 cc nach 60 Minuten	10,0 8,0 4,0	} gleich stark	Ferrocyankal. Ferro. + Salzs. + Kochen
0 Hämatogen Ferr. pepton.	frisch ber. 12 cc nach 60 Minuten	3,0 3,0 4,23	schwach stärker schwach	Ferrocyank. + Salzs. Ferro. + Salzs. + Kochen

Zunächst geht aus dieser Tabelle mit ziemlich grosser Sicherheit hervor, dass die eisenhaltigen Proben weniger Pepton geliefert haben, als die eisenfreie. Es ergaben nämlich:

Ferr. lact.	3 mal weniger	und	4 mal gleichviel	Pepton
Ferr. sulph.	8 » »	und	4 » »	»
Liq. ferri sesq.	3 » »			
Ferratin	1 » »	und	1 » »	»
Hämoglobin	2 » »	und	1 » »	»
Hämatogen	1 » »	und	1 » »	»
Peptonat	2 » »			
Hämol			2 » »	»
Saccharat			2 » »	»
Sa.	25 mal weniger	und	15 mal gleichviel	Pepton.

Ferratin ergab einzig und allein einmal mehr desselben.

Die Ergebnisse in Bezug auf die Filtrate sind weniger eindeutig. Es ergaben nämlich:

Ferr. lact.	4 mal mehr,	6 mal weniger,	2 mal gleichviel	Filtrat
Ferr. sulph.	7 » »	5 » »	1 » »	»
Liq. ferri sesq.		2 » »		
Ferratin	1 » »	1 » »	1 » »	»
Hämoglobin		3 » »		
Hämatogen		1 » »	1 » »	»
Peptonat	1 » »	1 » »		
Hämol		1 » »	1 » »	»
Saccharat		1 » »	1 » »	»
Sa.	13 mal mehr,	21 mal weniger,	7 mal gleichviel	Filtrat.

Danach will es mir scheinen, als müsse man dem Eisen doch einen hindernden Einfluss auf die Verflüssigung des Eiweisses zuschreiben. Freilich ist das Ergebniss nach dieser Richtung hin nicht absolut beweisend. Es kann nicht geleugnet werden, dass gegen diese Auffassung vor allem solche Versuche sprechen, bei welchen die eisenhaltige Probe mehr Pepton bei kleinerem Filtrat lieferte als die eisenfreie, oder solche, welche bei gleichstarker Biuretreaction dennoch recht erhebliche Unterschiede in der Menge der Filtrate aufweisen.

16 mal war die Peptonmenge der Grösse des Filtrats entsprechend vermehrt oder vermindert. 23 mal dagegen nicht. Ich glaube den Grund für diese Erscheinung in dem Umstande suchen zu müssen, dass die Aufquellung des Eiweisses in der Salzsäure, wenn auch mit der grössten Vorsicht eingeleitet, dennoch niemals ganz gleichmässig ausfiel. Es ist dies ohne Zweifel eine Fehlerquelle des Versuchs. Dennoch kann ich deshalb die Methode der Filtration und Peptonbestimmung nicht für minderwerthiger halten als die bei der Pankreasverdauung gewählte der Wägung des unverdauten Fibrinrestes, weil die Beschaffenheit des Fibrins einer genauen Dosirung mindestens eben so grosse Schwierigkeiten entgegenstellen dürfte.

Dass die Wirksamkeit der organischen Eisenpräparate bei der Magenverdauung nicht den Gegensatz zeigen, wie bei der Pankreas- und Gallenverdauung, wird noch später näher erörtert werden.

Wie erklärt sich nun die Einwirkung des Eisens auf die Verdauungsvorgänge? Haben wir sie in der Veränderung der zu verdauenden Substanz oder in derjenigen der Verdauungssecrete oder endlich in beiden zu suchen?

In Beantwortung der ersten Frage wiederhole ich, dass das Stärkemehl in keiner Weise durch Eisen verändert wird. Anders ist es bei den Fetten und Eiweissstoffen. Eisenhaltiges Wasser lässt sich leichter mit Oel zusammenschütteln und bildet eine beständigere Emulsion, als eisenfreies. Mit den Eiweissstoffen geht Eisen leicht eine organische Verbindung ein. Erstere mischen sich in Folge dessen leichter mit Wasser und verlieren ihre viscide Beschaffenheit. Es ist klar, dass diese Veränderungen auf die Verdauung von Einfluss sein müssen; dass sie aber zur Erklärung der Erscheinungen nicht ausreichen, geht aus dem Mitgetheilten zur Genüge hervor. Wir sind deshalb gezwungen, auch eine Veränderung der Secrete anzunehmen. Da dieselben sämmtlich Eiweissstoffe enthalten, so wird das Eisen sich mit denselben ebenfalls organisch binden. Nach dem, was auf Seite 47 auseinandergesetzt wurde, muss aber hinzugefügt werden, dass die Bildung eines Eisenalbuminates nur bei alkalischer Reaction der Mischung möglich ist. Wir dürfen demnach die Bildung eines Eisenalkalialbuminats wohl im Speichel, Pankreassaft und in der Galle voraussetzen, nicht aber im Magensaft.

An und für sich ist es deshalb nicht auffallend, dass die Wirkung des Eisens in den alkalischen Secreten eine andere ist, als in den sauer reagirenden. Eine Ausnahme bildet die Pankreasverdauung des Eiweisses. Man müsste analog der besseren Verdauung der Fette und Kohlehydrate auch hier einen begünstigenden Einfluss des Eisens erwarten, aber das ist nicht der Fall. Dieser Punkt bedarf noch der Aufklärung, welche ich einstweilen schuldig bleiben muss.

Dass dasselbe Salz die Wirkung eines Fermentes günstig, die eines anderen ungünstig beeinflusst, ja dass ein und dasselbe Ferment von demselben Salze nach beiden Richtungen verändert werden kann, ist eine Erfahrung, welche alle Forscher in diesem Gebiete gemacht haben. Ebstein und Müller fanden, dass diejenigen Salze, die Crystallwasser enthalten, die Fermentation weniger hemmen, als die durch Schmelzen von Wasser befreiten, woraus sie folgern, dass die Wirkung der Salze auf Wasserentziehung beruhe. Ich erwähne diese Ansicht, weiss aber nicht, ob dieselbe auch für die Eisensalze anwendbar ist.

Besondere Schwierigkeiten bereiten die organischen Eisenverbindungen. Wir haben gesehen, dass sie bei der Verdauung der Kohlehydrate und Fette nicht begünstigend einwirken. Der Hergang verläuft hier ebenso, als wenn man gar kein Eisen zugesetzt hätte. Es ist nicht anzunehmen, dass bei denselben das Eisen aus seiner organischen Verbindung austrete, um sich mit dem Eiweiss des Fermentes zu verbinden. Ich war deshalb geneigt, in der Bildung des Eisenalbuminates das begünstigende Moment zu suchen. Und insofern glaubte ich auch die Lösung des Räthsels der Eiweissverdauung durch das Pankreassecret gefunden zu haben, da hier das Eisen sowohl durch das Eiweiss des Nahrungsmittels als auch durch das des Ferments in Anspruch genommen wird und deshalb unmöglich auf letzteres gleich stark einwirken kann, wie bei der Verdauung der Kohlehydrate und Fette. Allein die Erfahrungen bei der Magenverdauung machten mich in dieser Annahme wieder wankend. Da in einer saueren Lösung kein Eisenalbuminat bestehen kann, so müsste auch bei der Magenverdauung das Eisenalbuminat der organischen Präparate ohne Einfluss auf dieselbe sein. Das Eisen derselben — so dachte ich — wird durch die Salzsäure sofort aus der organischen Verbindung gelöst, und kann sich mit dem Eiweiss der Nahrung oder des Ferments nicht verbinden. Die Wirkung der organischen Eisenmittel müsste also dieselbe sein wie die der anorganischen Eisenmittel, nämlich eine ungünstige. Nun stellte es sich zunächst heraus, dass meine Annahme nicht zutreffend

war. Das Eisen spaltete sich während der Verdauung durchaus nicht aus allen organischen Verbindungen ab. In einigen derselben, wie in dem Ferratin und dem Hämol war das allerdings der Fall, in den übrigen nicht. Wie aus den Versuchen (siehe die letzte Tabelle) hervorgeht, erweist sich auch in letzteren ein verschiedener Grad der Festigkeit, mit welcher das Eisen in denselben an das Eiweiss gebunden ist. In dem Ferr. peptonatum und saccharatum ist die Verbindung lockerer als im Hämoglobin und Hämatogen, aus welcher das Eisen erst durch Kochen nach Zusatz mit Salzsäure abgetrennt werden konnte. Man hätte demnach von Ferratin und Hämol einen ungünstigen Einfluss erwarten dürfen, von dem Ferr. pepton. nnd sacchar. einen zweifelhaften, das Hämoglobin aber und Hämatogen hätte ohne Einfluss auf die Verdauung sein müssen. Alles das traf nur bedingungsweise zu. Ich musste also den Schluss, dass das begünstigende Moment in der Bildung eines Eisenalbuminates des Ferments beruhe, fallen lassen. Meine Versuche haben demnach nach dieser Richtung hin keinen befriedigenden Abschluss gefunden. Die Frage, warum die Eisensalze einmal günstig, das andere Mal ungünstig wirken, bleibt einstweilen eine offene, vielleicht aber geben meine Versuche künftigen Untersuchungen eine Richtung.

Zum Schlusse die positiven Ergebnisse meiner Arbeit:

1. Das Eisen wirkt günstig auf die Verdauung der Kohlehydrate, indem es die Umwandlung derselben in die Zwischen- und Endproducte beschleunigt.
2. Es wirkt ferner günstig auf die Verdauung der Fette, indem es eine beständigere Emulsionirung bedingt.
3. Es wirkt ungünstig auf die Verdauung der Eiweissstoffe, indem es die Ueberführung derselben in Pepton verlangsamt.

Die practischen Ergebnisse aus diesen Erfahrungen zu ziehen, liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit. Unzweifelhaft aber geben dieselben auch dem Arzt Winke in Bezug auf die Anwendungsweise der verschiedenen Eisenpräparate.